PCT/JP2004/001412

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

10.2.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

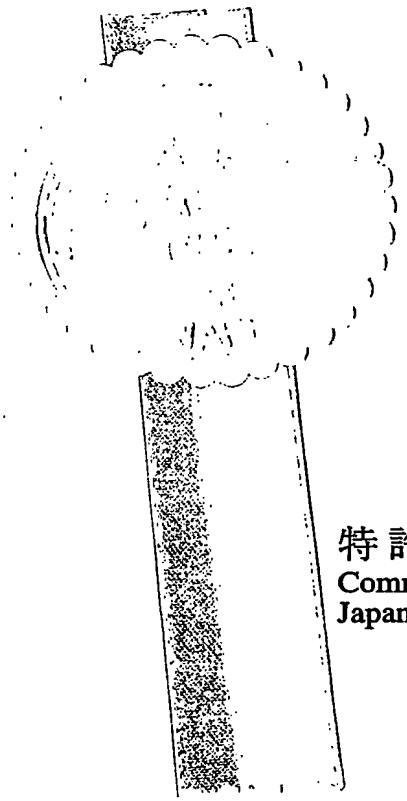
出願年月日
Date of Application: ２００３年　３月　３日

出願番号
Application Number: 特願２００３－０５５８２０

[ST. 10/C]: [ＪＰ２００３－０５５８２０]

出願人
Applicant(s): セイコーエプソン株式会社

RECEIVED
25 MAR 2004
WIPO PCT



PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

２００４年　３月１２日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫

出証番号　出証特２００４－３０１９５５７

【書類名】　特許願
【整理番号】　14065801
【提出日】　平成15年 3月 3日
【あて先】　特許庁長官殿
【国際特許分類】　B41J　2/175
【発明の名称】　液体検出装置及び同装置を備えた液体容器
【請求項の数】　9
【発明者】
【住所又は居所】　長野県諏訪市大和三丁目３番５号　セイコーエプソン株式会社内
【氏名】　高　橋　智　明
【特許出願人】
【識別番号】　000002369
【住所又は居所】　東京都新宿区西新宿二丁目４番１号
【氏名又は名称】　セイコーエプソン株式会社
【代理人】
【識別番号】　100075812
【弁理士】
【氏名又は名称】　吉　武　賢　次
【選任した代理人】
【識別番号】　100091982
【弁理士】
【氏名又は名称】　永　井　浩　之
【選任した代理人】
【識別番号】　100096895
【弁理士】
【氏名又は名称】　岡　田　淳　平

【選任した代理人】

【識別番号】　100117787

【弁理士】

【氏名又は名称】　勝　沼　宏　仁

【選任した代理人】

【識別番号】　100105795

【弁理士】

【氏名又は名称】　名　塚　聡

【手数料の表示】

【予納台帳番号】　087654

【納付金額】　21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】　明細書　1

【物件名】　図面　1

【物件名】　要約書　1

【プルーフの要否】　要

【書類名】　明細書

【発明の名称】　液体検出装置及び同装置を備えた液体容器

【特許請求の範囲】

【請求項１】

互いに対向する第１面及び第２面を有する基部であって、検出対象の媒体を受け入れるための凹部が、前記第１面側に開口するようにして形成され、前記凹部の底面が振動可能に形成されている基部と、

前記基部の前記第２面側に形成された第１電極であって、前記凹部の底面よりも小さな寸法にて形成されて前記凹部の底面に対応する領域の内部に配置された本体部と、前記本体部から延出して前記凹部の底面に対応する領域の外部まで延在する延出部と、を有する、第１電極と、

前記凹部の底面よりも小さな寸法にて形成されて前記第１電極に積層され、全体が前記凹部の底面に対応する領域の内部に配置された圧電層と、

前記基部の前記第２面側に形成され、前記凹部の底面に対応する領域の外部から前記凹部の底面に対応する領域の内部まで延在し、一部が前記圧電層の一部を前記第２面側から支持する補助電極と、

前記圧電層に積層された本体部と、前記本体部から延出して前記凹部の底面に対応する領域の内部において前記補助電極に接続された延出部と、を有する第２電極と、を備えたことを特徴とする液体検出装置。

【請求項２】

前記第１電極の前記本体部の寸法は前記圧電層の寸法よりも小さく、前記第２電極の前記本体部の寸法は前記第１電極の前記本体部の寸法よりも大きい請求項１記載の液体検出装置。

【請求項３】

前記第２電極の前記本体部の寸法は前記圧電層の寸法よりも小さい請求項１又は２に記載の液体検出装置。

【請求項４】

前記第１電極の前記延出部及び前記第２電極の前記延出部は、前記凹部の中心を通る第１の直線上において互いに反対の方向に延出しており、

前記第１電極は、前記凹部の中心を通り且つ前記第１の直線に直交する第２の直線上において前記第１電極の前記本体部から互いに反対の方向に延出する一対の延出部をさらに有する請求項１乃至３のいずれか一項に記載の液体検出装置。

【請求項５】

前記一対の延出部と前記第１電極の前記本体部とを分離した請求項４記載の液体検出装置。

【請求項６】

前記第１電極の前記本体部、前記圧電層の前記本体部、及び前記第２電極の前記本体部は、いずれも円形であって互いに同心に配置されている請求項１乃至５のいずれか一項に記載の液体検出装置。

【請求項７】

液体を収容する容器本体と、

請求項１乃至６のいずれか一項に記載の液体検出装置と、を備え、

前記液体検出装置の前記凹部が前記容器本体の液体収容空間に露出していることを特徴とする液体容器。

【請求項８】

前記容器本体には液体噴射装置用の液体が収容されている請求項７記載の液体容器。

【請求項９】

前記液体噴射装置はインクジェット式記録装置であり、前記容器本体にはインクが収容されている請求項８記載の液体容器。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液体検出装置及びこの装置を備えた液体容器に係わり、特に、液体噴射装置における液体残量の検出に適した液体検出装置及びこの装置を備えた液体容器に関する。

【０００２】

【従来の技術】

従来の液体噴射装置の代表例としては、画像記録用のインクジェット式記録ヘッドを備えたインクジェット式記録装置がある。その他の液体噴射装置としては、例えば液晶ディスプレー等のカラーフィルタ製造に用いられる色材噴射ヘッドを備えた装置、有機ＥＬディスプレー、面発光ディスプレー（ＦＥＤ）等の電極形成に用いられる電極材（導電ペースト）噴射ヘッドを備えた装置、バイオチップ製造に用いられる生体有機物噴射ヘッドを備えた装置、精密ピペットとしての試料噴射ヘッドを備えた装置等が挙げられる。

【０００３】

液体噴射装置の代表例であるインクジェット式記録装置においては、圧力発生室を加圧する圧力発生手段と、加圧されたインクをインク滴として射出するノズル開口と、を有するインクジェット記録ヘッドがキャリッジに搭載されている。

【０００４】

インクジェット式記録装置では、インク容器内のインクが流路を介して記録ヘッドに供給され続けることにより、印刷を継続可能に構成されている。インク容器は、例えばインクが消費された時点でユーザが簡単に交換できる、着脱可能なカートリッジとして構成されている。

【０００５】

従来、インクカートリッジのインク消費の管理方法としては、記録ヘッドでのインク滴の射出数やメンテナンスにより吸引されたインク量をソフトウエアにより積算してインク消費を計算により管理する方法や、インクカートリッジに液面検出用の電極を取付けることにより実際にインクが所定量消費された時点を管理する方法などがある。

【０００６】

しかしながら、ソフトウェアによりインク滴の吐出数やインク量を積算してインク消費を計算上管理する方法には、次のような問題がある。ヘッドの中には吐出インク滴に重量バラツキを有するものがある。このインク滴の重量バラツキは画質には影響を与えないが、バラツキによるインク消費量の誤差が累積した場合を考慮して、マージンを持たせた量のインクをインクカートリッジに充填してある。従って、個体によってはマージン分だけインクが余るという問題が生ずる。

【０００７】

一方、電極によりインクが消費された時点を管理する方法は、インクの実量を検出できるので、インク残量を高い信頼性で管理できる。しかしながら、インクの液面の検出をインクの導電性に頼ることになるので、検出可能なインクの種類が限定されてしまったり、電極のシール構造が複雑化してしまうという欠点がある。また、電極の材料としては、通常は導電性が良く耐腐食性も高い貴金属が使用されるので、インクカートリッジの製造コストがかさむ。さらに、２本の電極を装着する必要があるため、製造工程が多くなり、結果として製造コストがかさんでしまう。

【０００８】

上記の課題を解決すべく開発された装置が、特開２００１－１４６０２４号に圧電装置として開示されている。この圧電装置は、液体残量を正確に検出でき、かつ複雑なシール構造を不要としたものであり、液体容器に装着して使用することができる。

【０００９】

即ち、特開２００１－１４６０２４号に記載の圧電装置によれば、圧電装置の振動部に対向する空間にインクが存在する場合とインクが存在しない（或いは少ない）場合とで、駆動パルスにより強制的に振動させた後の圧電装置の振動部の残留振動（自由振動）に起因して発生する残留振動信号の共振周波数が変化することを利用して、インクカートリッジ内のインク残量を監視することができる。

【００１０】

図１２（Ａ），（Ｂ），（Ｃ）は、上述した従来の圧電装置を構成するアクチュエータを示している。このアクチュエータ１０６は、ほぼ中央に円形状の開口１６１を有する基板１７８と、開口１６１を被覆するように基板１７８の一方の面（以下、「表面」という。）に配置される振動板１７６と、振動板１７６の表面の側に配置される圧電層１６０と、圧電層１６０を両方からはさみこむ上部電極１６４および下部電極１６６と、上部電極１６４と電気的に結合する上部電極端子１６８と、下部電極１６６と電気的に結合する下部電極端子１７０と、上部電極１６４および上部電極端子１６８の間に配設され両者を電気的に結合する補

助電極１７２と、を有する。

【００１１】

圧電層１６０、上部電極１６４および下部電極１６６は、それぞれの本体部としての円形部分を有する。そして、圧電層１６０、上部電極１６４および下部電極１６６のそれぞれの円形部分が、圧電素子を形成している。

【００１２】

振動板１７６は、基板１７８の表面に、開口１６１を覆うように形成される。キャビティ１６２は、開口１６１と面する振動板１７６の部分と基板（キャビティ形成部材）１７８の開口１６１とによって形成される。圧電素子とは反対側の基板１７８の面（以下、「裏面」という。）は、インク容器内方に面している。これにより、キャビティ１６２は液体（インク）と接触するように構成されている。なお、キャビティ１６２内に液体が入っても基板１７８の表面側に液体が漏れないように、振動板１７６は基板１７８に対して液密に取り付けられている。

【００１３】

下部電極１６６は、振動板１７６の表面に位置している。下部電極１６６の本体部である円形部分の中心と開口１６１の中心とは、一致するように取り付けられている。また、下部電極１６６の表面側には、圧電層１６０が、その円形部分の中心と開口１６１の中心とが一致するように配置形成されている。

【００１４】

そして、この従来の技術におけるアクチュエータ（圧電装置）１０６においては、下部電極１６６の円形部分の寸法（面積）が、開口１６１の寸法（面積）よりも小さくなるように設定されており、下部電極１６６の円形部分はその全体が開口１６１に対応する領域の範囲内に配置されている。また、圧電層１６０の円形部分の面積は、開口１６１の面積よりも小さく、かつ、下部電極１６６の円形部分の面積よりも大きくなるように設定されている。

【００１５】

圧電層１６０の表面側には、上部電極１６４が、その本体部である円形部分の中心と開口１６１の中心とが一致するように配置形成されている。上部電極１６４の円形部分の面積は、開口１６１および圧電層１６０の円形部分の面積よりも

小さく、かつ、下部電極１６６の円形部分の面積よりも大きくなるよう設定されている。

【００１６】

したがって、圧電層１６０の本体部は、上部電極１６４の本体部と下部電極１６６の本体部とによって、それぞれ表面側と裏面側とから挟みこまれる構造となっている。圧電層１６０、上部電極１６４および下部電極１６６のそれぞれの本体部である円形部分が、アクチュエータ１０６における圧電素子を形成する。この圧電素子は振動板１７６に接している。

【００１７】

このような構造のために、振動板１７６のうち実際に振動する振動領域は、開口１６１によって決定される。また、圧電層１６０と電気的に接続する下部電極１６６の円形部分および上部電極１６４の円形部分のうち、下部電極１６６の円形部分の方が小さいので、下部電極１６６の円形部分が、圧電層１６０のうちで圧電効果を発生する部分を決定する。

【００１８】

上述したように、従来の技術におけるアクチュエータ１０６（圧電装置）においては、上部電極１６４の円形の本体部、圧電層１６０の円形の本体部、下部電極１６６の円形の本体部および円形の開口１６１のうちで、面積が最も大きいのは開口１６１であり、次に大きいのが圧電層１６０の本体部であり、次が上部電極１６４の本体部であり、最も小さいのが下部電極１６６の本体部である。

【００１９】

そして、上述した従来の技術におけるアクチュエータ１０６では、圧電素子に駆動パルスを印加して振動部を強制的に振動させた後に生じる振動部の残留振動（自由振動）が、同じ圧電素子によって逆起電力として検出される。そして、インク容器内の液面がアクチュエータ１０６の設置位置（厳密にはキャビティ１６２の位置）を通過する前後で振動部の残留振動状態が変化すること利用して、インク容器内のインク残量を検出することができる。

【００２０】

【特許文献１】

特開２００１－１４６０２４号公報

【００２１】

【発明が解決しようとする課題】

ところが、上述した従来の液体検出装置（圧電装置）においては、以下に述べるような問題があった。

【００２２】

第１に、液体検出装置の振動部の残留振動によって圧電素子に生じる逆起電力の出力が小さく、このために逆起電力の検出が困難であった。これは、圧電素子に駆動パルスを印加して強制的に振動させた場合の振動部の変形形状（変形モード）と、強制変形後の自由振動時における振動部の変形形状（変形モード）とが大きく相違することによるものと考えられる。

【００２３】

第２に、強制変形後の振動部の自由振動中に、検出対象として必要な振動周波数以外に不要な高次の振動モードが励起されてしまうという問題があった。特に、製造バラツキにより振動部内での下部電極の位置がずれると不要振動が増大し、場合によっては検出不能となったり、正確な検出ができなくなる場合があった。

【００２４】

また、図１２から分かるように従来の液体検出装置（圧電装置）においては、硬いが脆弱な圧電膜１６０の一部が、上部電極端子１６８側に向けてキャビティ１６２の周縁を横切るように延在している。このため、キャビティ１６２の周縁に対応する位置において圧電膜１６０にクラックが発生するという問題があった。

【００２５】

本発明は、上述した事情を考慮して成されたものであって、振動部の残留振動状態を容易且つ確実に検出することができると共に、圧電層におけるクラックの発生を防止することができる液体検出装置及び同装置を備えた液体容器を提供することを目的とする。

【００２６】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明による液体検出装置は、互いに対向する第１面及び第２面を有する基部であって、検出対象の媒体を受け入れるための凹部が、前記第１面側に開口するようにして形成され、前記凹部の底面が振動可能に形成されている基部と、前記基部の前記第２面側に形成された第１電極であって、前記凹部の底面よりも小さな寸法にて形成されて前記凹部の底面に対応する領域の内部に配置された本体部と、前記本体部から延出して前記凹部の底面に対応する領域の外部まで延在する延出部と、を有する、第１電極と、前記凹部の底面よりも小さな寸法にて形成されて前記第１電極に積層され、全体が前記凹部の底面に対応する領域の内部に配置された圧電層と、前記基部の前記第２面側に形成され、前記凹部の底面に対応する領域の外部から前記凹部の底面に対応する領域の内部まで延在し、一部が前記圧電層の一部を前記第２面側から支持する補助電極と、前記圧電層に積層された本体部と、前記本体部から延出して前記凹部の底面に対応する領域の内部において前記補助電極に接続された延出部と、を有する第２電極と、を備えたことを特徴とする。

【００２７】

また、好ましくは、前記第１電極の前記本体部の寸法は前記圧電層の寸法よりも小さく、前記第２電極の前記本体部の寸法は前記第１電極の前記本体部の寸法よりも大きい。

【００２８】

また、好ましくは、前記第２電極の前記本体部の寸法は前記圧電層の寸法よりも小さい。

【００２９】

また、好ましくは、前記第１電極の前記延出部及び前記第２電極の前記延出部は、前記凹部の中心を通る第１の直線上において互いに反対の方向に延出しており、前記第１電極は、前記凹部の中心を通り且つ前記第１の直線に直交する第２の直線上において前記第１電極の前記本体部から互いに反対の方向に延出する一対の延出部をさらに有する。

【００３０】

また、好ましくは、前記一対の延出部と前記第１電極の前記本体部とを分離する。

【００３１】

また、好ましくは、前記第１電極の前記本体部、前記圧電層の前記本体部、及び前記第２電極の前記本体部は、いずれも円形であって互いに同心に配置されている。

【００３２】

上記課題を解決するために、本発明による液体容器は、液体を収容する容器本体と、上記のいずれかに記載の液体検出装置と、を備え、前記液体検出装置の前記凹部が前記容器本体の液体収容空間に露出していることを特徴とする。

【００３３】

また、好ましくは、前記容器本体には液体噴射装置用の液体が収容されている。

【００３４】

また、好ましくは、前記液体噴射装置はインクジェット式記録装置であり、前記容器本体にはインクが収容されている。

【００３５】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態による液体検出装置及びこの液体検出装置を備えたインクカートリッジ（液体容器）ついて図面を参照して説明する。

【００３６】

図１は、本実施形態によるインクカートリッジが使用されるインクジェット式記録装置（液体噴射装置）の概略構成を示し、図１中符号１はキャリッジであり、このキャリッジ１はキャリッジモータ２により駆動されるタイミングベルト３を介し、ガイド部材４に案内されてプラテン５の軸方向に往復移動されるように構成されている。

【００３７】

キャリッジ１の記録用紙６に対向する側にはインクジェット式記録ヘッド１２が搭載され、またその上部には記録ヘッド１２にインクを供給するインクカート

リッジ７が着脱可能に装着されている。

【００３８】

この記録装置の非印字領域であるホームポジション(図中、右側)にはキャップ部材３１が配置されており、このキャップ部材３１はキャリッジ１に搭載された記録ヘッドがホームポジションに移動した時に、記録ヘッドのノズル形成面に押し当てられてノズル形成面との間に密閉空間を形成するように構成されている。そして、キャップ部材３１の下方には、キャップ部材３１により形成された密閉空間に負圧を与えてクリーニング等を実施するためのポンプユニット１０が配置されている。

【００３９】

そして、キャップ部材３１における印字領域側の近傍には、ゴムなどの弾性板を備えたワイピング手段１１が記録ヘッドの移動軌跡に対して例えば水平方向に進退できるように配置されていて、キャリッジ１がキャップ部材３１側に往復移動するに際して、必要に応じて記録ヘッドのノズル形成面を払拭することができるように構成されている。

【００４０】

図２及び図３（Ａ）、（Ｂ）は、本実施形態による液体検出装置６０を示した図であり、この液体検出装置６０は、基板４１に振動板４２を積層して構成された基部４０を有し、この基部４０は、互いに対向する第１面４０ａ及び第２面４０ｂを有する。基部４０には、検出対象の媒体を受け入れるための円形のキャビティ（凹部）４３が、第１面４０ａ側に開口するようにして形成されており、キャビティ４３の底面部４３ａが振動板４２にて振動可能に形成されている。換言すれば、振動板４２全体のうちの実際に振動する部分は、キャビティ４３によってその輪郭が規定されている。基部４０の第２面４０ｂ側の両端には下部電極端子４４及び上部電極端子４５が形成されている。

【００４１】

基部４０の第２面４０ｂには下部電極（第１電極）４６が形成されており、この下部電極４６は、円形の本体部４６ａと、この本体部４６ａから下部電極端子４４の方向に延出して下部電極端子４４に接続された延出部４６ｂとを有する。

下部電極４６の円形の本体部４６ａの中心はキャビティ４３の中心と一致している。

【００４２】

下部電極４６の円形の本体部４６ａは、円形のキャビティ４３よりも小径に形成され、キャビティ４３に対応する領域の内部に配置されている。

【００４３】

下部電極４６の上には、下部電極４６の本体部４６ａよりも大径に形成された円形の圧電層４７が積層されており、図２から分かるように、圧電層４７はその全体がキャビティ４３に対応する領域の内部に配置されている。換言すれば、圧電層４７は、キャビティ４３の周縁４３ａに対応する位置を横切って延在する部分をまったく有していない。

【００４４】

基部４０の第２面４０ｂ側には、一端が上部電極端子４５に接続された補助電極４８が形成されている。この補助電極４８は、キャビティ４３に対応する領域の外側から、キャビティ４３の周縁４３ａに対応する位置を越えてキャビティ４３に対応する領域の内部まで延在する。補助電極４８の一部は、キャビティ４３に対応する領域の内部において圧電層４７の一部を基板４０の第２面４０ｂ側から支持している。この補助電極４８は、好ましくは、下部電極４６と同じ材質で且つ同じ厚さを有している。このように補助電極４８によって圧電層４７の一部を基板４０の第２面４０ｂ側から支持することによって、圧電層４７に段差が生じないようにして機械的強度の低下を防止することができる。

【００４５】

圧電層４７には、上部電極（第２電極）４９の円形の本体部４９ａが積層されており、この上部電極４９は、圧電層４７よりも小径に且つ下部電極４６の本体部４６ａよりも大径に形成されている。また、上部電極４９は、本体部４９ａから延出して補助電極４８に接続された延出部４９ｂを有している。図３（Ｂ）から分かるように、上部電極４９の延出部４９ｂと補助電極４８との接続が始まる位置Ｐは、キャビティ４３に対応する領域の内部に位置している。

【００４６】

図２から分かるように、上部電極４９は補助電極４８を介して上部電極端子４５に電気的に接続されている。このように補助電極４８を介して上部電極４９を上部電極端子４５に接続することによって、圧電層４７及び下部電極４６の合計の厚さから生じる段差を、上部電極４９と補助電極４８との両方によって吸収することができる。このため、上部電極４９に大きな段差が生じて機械的強度が低下することを防止することができる。

【００４７】

図２から分かるように、上部電極４９の本体部４９ａは円形を成しており、その中心はキャビティ４３の中心と一致している。上部電極４９の本体部４９ａは、圧電層４７及びキャビティ４３のいずれよりも小径に形成されている。

【００４８】

このように、圧電層４７は、上部電極４９の本体部４９ａと下部電極４６の本体部４６ａとによって挟みこまれる構造となっている。これにより、圧電層４７は効果的に変形駆動され得る。

【００４９】

なお、圧電層４７と電気的に接続された下部電極４６の本体部４６ａおよび上部電極４９の本体部４９ａのうち、下部電極４６の本体部４６ａの方が小径に形成されている。従って、下部電極４６の本体部４６ａが、圧電層４７のうちで圧電効果を発生する部分の範囲を決定することになる。

【００５０】

なお、液体検出装置６０に含まれる部材は、互いに焼成されることによって一体的に形成されていることが好ましい。このように液体検出装置６０を一体的に形成することによって、液体検出装置６０の取り扱いが容易になる。

【００５１】

圧電層４７の材料としては、ジルコン酸チタン酸鉛（ＰＺＴ）、ジルコン酸チタン酸鉛ランタン（ＰＬＺＴ）、または、鉛を使用しない鉛レス圧電膜、を用いることが好ましい。基板４１の材料としては、ジルコニアまたはアルミナを用いることが好ましい。また、振動板４２には、基板４１と同じ材料を用いることが好ましい。上部電極４９、下部電極４６、上部電極端子４５および下部電極端子

４４は、導電性を有する材料、例えば、金、銀、銅、プラチナ、アルミニウム、ニッケルなどの金属を用いることができる。

【００５２】

キャビティ４３によって規定される振動板４２の振動可能な部分、下部電極４６の本体部４６ａ及び延出部４６ｂのうちのキャビティ４３に対応する部分、圧電層４７、並びに上部電極４９の本体部４９ａ及び延出部４９ｂのキャビティ４３に対応する部分は、液体検出装置６０の振動部６１を構成する。そして、この液体検出装置６０の振動部６１の中心は、液体検出装置６０の中心と一致する。

【００５３】

更に、圧電層４７、上部電極４９の本体部４９ａ、下部電極４６の本体部４６ａ、及び振動板４２の振動可能な部分（即ちキャビティ４３の底面部４３ａに対応する部分）が円形形状を有しており、しかも、圧電層４７の全体がキャビティ４３に対応する領域の内部に配置されているので、液体検出装置６０の振動部６１は液体検出装置６０の中心に対して略対称な形状である。

【００５４】

このように本実施形態においては、液体検出装置６０の振動部６１が液体検出装置６０の中心に対して対称な形状であるので、この振動部６１の剛性はその中心から見てほぼ等方的となる。とりわけ、振動部６１の剛性に大きく影響する圧電層４７が円形に形成されているので、振動部６１の剛性の等方性が大幅に高められている。このため、構造の非対称性から生じ得る不要な振動の発生を抑制することができ、液体検出装置６０の振動部６１の残留振動の共振周波数の検出精度が向上する。

【００５５】

また、硬いが脆弱な圧電層４７の全体がキャビティ４３に対応する領域の内部に配置されており、キャビティ４３の周縁４３ａに対応する位置には圧電層４７が存在しない。このため、従来の液体検出装置においてキャビティの周縁に対応する位置で発生していた圧電膜のクラックの問題がない。

【００５６】

また、振動部６１と液体とが接触する範囲が、キャビティ４３が存在する範囲

に限られているので、液体の検出をピンポイントで行うことが可能であり、これにより、インクカートリッジ７内のインクレベルを高精度にて検出することができる。

【００５７】

図４は、本実施形態において用いられる液体検出装置６０およびその等価回路を示す。この液体検出装置６０は、残留振動による共振周波数を検出することで音響インピーダンスの変化を検知して、インクカートリッジ内の液体の消費状態を検出するものである。

【００５８】

図４（A）および図４（B）は、液体検出装置６０の等価回路を示す。また、図４（C）および図４（D）は、それぞれインクカートリッジ７内にインクが満たされているときの液体検出装置６０を含む周辺およびその等価回路を示し、図４（E）および図４（F）は、それぞれインクカートリッジ７内にインクが無いときの液体検出装置６０を含む周辺およびその等価回路を示す。

【００５９】

図２乃至図４に示される液体検出装置６０は、インクカートリッジ７の容器本体の所定の場所に、キャビティ４３が容器本体内に収容される液体（インク）と接触するように装着される。つまり、液体検出装置６０の振動部６１の少なくとも一部が容器本体の収容空間に露出している。容器本体に液体が十分に収容されている場合には、キャビティ４３内およびその外側は液体によって満たされている。

【００６０】

一方、インクカートリッジ７の容器本体内の液体（インク）が消費され、液体検出装置６０の装着位置（厳密にはキャビティ４３の位置）よりも下方まで液面が降下すると、キャビティ４３内に液体が存在しない状態となるか、あるいは、キャビティ４３内にのみ液体が残存されその外側には気体が存在する状態となる。

【００６１】

液体検出装置６０は、この状態の変化に起因する音響インピーダンスの相違を

検出する。それによって、液体検出装置６０は、容器本体に液体が十分に収容されている状態であるか、あるいは、ある一定以上の液体が消費された状態であるか、を検知することができる。

【００６２】

次に、本実施形態による液体検出装置６０における液面検出の原理について説明する。

【００６３】

液体検出装置６０は、液体の音響インピーダンスの変化を共振周波数の変化を用いて検出することができる。共振周波数は、液体検出装置６０の振動部６１が振動した後に振動部６１に残留する残留振動によって生ずる逆起電力を測定することによって検出することができる。すなわち、液体検出装置６０の圧電層４７に駆動パルスを印加して振動部６１を強制的に振動させた後に振動部６１を自由振動させると、液体検出装置６０の振動部６１における残留振動（自由振動）により圧電層４７が逆起電力を発生する。この逆起電力の大きさは、液体検出装置６０の振動部６１の振幅によって変化する。従って、液体検出装置６０の振動部６１の残留振動（自由振動）の振幅が大きいほど、逆起電力の出力の検出が容易である。

【００６４】

また、液体検出装置６０の振動部６１における残留振動の周波数によって、逆起電力の大きさが変化する周期が変わる。すなわち、液体検出装置６０の振動部６１の周波数は、逆起電力の周波数に対応する。ここで、共振周波数は、液体検出装置６０の振動部６１と、この振動部６１に接する媒体との共振状態における周波数をいう。

【００６５】

インクカートリッジ７の容器本体内に液体（インク）が充分に収容されている場合には、液体検出装置６０のキャビティ４３内には液体が満たされ、振動部６１はキャビティ４３の底面部４３ａにて容器本体内の液体と接触している。一方で、容器本体内に液体が充分にない場合には、液体検出装置６０の振動部６１は、キャビティ４３内に残った液体と接するか、あるいは、液体と接触せず、気体

または真空と接触する。

【００６６】

ここで、図２乃至図４を参照しながら、逆起電力の測定により得られる媒体と液体検出装置６０の振動部６１との共振周波数から、インクカートリッジ７の容器本体内の液体の状態を検出する動作および原理について説明する。

【００６７】

液体検出装置６０において、上部電極端子４５および下部電極端子４４を介して、それぞれ上部電極４９および下部電極４６に電圧を印加する。すると、圧電層４７のうち、上部電極４９および下部電極４６に挟まれた部分に電界が生じる。この電界によって、圧電層４７は変形する。圧電層４７が変形することによって、振動板４２のうちの振動領域（キャビティ４３の底面部４３ａに対応する領域）が、たわみ振動する。圧電層４７を強制的に変形させた後、しばらくは、たわみ振動が液体検出装置６０の振動部６１に残留する。

【００６８】

この残留振動は、液体検出装置６０の振動部６１と媒体との自由振動である。従って、圧電層４７に印加する電圧をパルス波形あるいは矩形波とすることで、電圧を印加した後の振動部６１と媒体との共振状態を容易に得ることができる。残留振動は、液体検出装置６０の振動部６１の振動であり、圧電層４７の変形を伴う。このため、残留振動に伴って圧電層４７は逆起電力を発生する。この逆起電力は、上部電極４９、下部電極４６、上部電極端子４５および下部電極端子４４を介して検出される。この検出された逆起電力によって共振周波数が特定できるので、この共振周波数に基づいてインクカートリッジ７の容器本体内の液体（インク）の有無を検出することができる。

【００６９】

一般に、共振周波数ｆｓは、

$$f_s = 1 / (2 * \pi * (M * Cact)^{1/2}) \qquad (式1)$$

で表される。ここで、Ｍは振動部６１のイナータンスMactと付加イナータンスM’との和である。Cactは振動部６１のコンプライアンスである。

【００７０】

図４（Ａ）および図４（Ｂ）は、キャビティ４３にインクが残存していないときの液体検出装置６０の振動部６１およびキャビティ４３の等価回路である。

【００７１】

Mactは、振動部６１の厚さと振動部６１の密度との積を振動部６１の面積で除したものであり、詳細には、図４（Ａ）に示すように、

Mact＝Mpzt＋Melectrodel＋Melectrode2＋Mvib　　（式２）

と表される。

【００７２】

ここで、Mpztは、振動部６１における圧電層４７の厚さと圧電層４７の密度との積を圧電層４７の面積で除したものである。Melectrodelは、振動部６１における上部電極４９の厚さと上部電極４９の密度との積を上部電極４９の面積で除したものである。Melectrode2は、振動部６１における下部電極４６の厚さと下部電極４６の密度との積を下部電極４６の面積で除したものである。Mvibは、振動部６１における振動板４２の厚さと振動板４２の密度との積を振動板４２の振動領域の面積で除したものである。

【００７３】

ただし、Mactを振動部６１の全体としての厚さ、密度および面積から算出することができるように、圧電層４７、上部電極４９、下部電極４６および振動板４２の振動領域のそれぞれの面積は、上述のような大小関係を有するものの、相互の面積の差は微小であることが好ましい。

【００７４】

また、本実施形態において、上部電極４９および下部電極４６においては、それらの主要部である円形の本体部４９ａ、４６ａ以外の部分は、本体部に対して無視できるほど微小であることが好ましい。従って、液体検出装置６０において、Mactは、上部電極４９、下部電極４６、圧電層４７および振動板４２のうちの振動領域のそれぞれのイナータンスの和である。また、コンプライアンスCactは、上部電極４９、下部電極４６、圧電層４７および振動板４２のうちの振動領域によって形成される部分のコンプライアンスである。

【００７５】

尚、図４（Ａ）、（Ｂ）、（Ｄ）、（Ｆ）は、液体検出装置６０の振動部６１およびキャビティ４３の等価回路を示すが、これらの等価回路において、Ｃactは液体検出装置６０の振動部６１のコンプライアンスを示す。Ｃpzt、Ｃelectrodel、Ｃelectrode2およびＣvibは、それぞれ、振動部６１における圧電層４７、上部電極４９、下部電極４６および振動板４２のコンプライアンスを示す。Ｃactは、以下の式３で表される。

$$1/Cact = (1/Cpzt) + (1/Celectrodel) + (1/Celectrode2) + (1/Cvib) \quad (式3)$$

式２および式３より、図４（Ａ）は、図４（Ｂ）のように表すこともできる。

【００７６】

コンプライアンスＣactは、単位面積に圧力をかけたときの変形によって受容できる媒体の体積を表す。すなわち、コンプライアンスＣactは、変形のし易さを表す。

【００７７】

図４（Ｃ）は、インクカートリッジ７の容器本体に液体が十分に収容され、液体検出装置６０の振動部６１の周辺に液体が満たされている場合の液体検出装置６０の断面図を示す。図４（Ｃ）のM’ maxは、インクカートリッジ７の容器本体に液体が十分に収容され、液体検出装置６０の振動部６１の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンス（付加質量（振動領域の振動に影響を及ぼす質量）を面積の２乗で除したもの）の最大値を表す。M’ maxは、

$$M' max = (\pi * \rho / (2*k^3)) * (2*(2*k*a)^3/(3*\pi))/(\pi * a^2)^2 \quad (式4)$$

（ａは振動部の半径、ρは媒体の密度、ｋは波数である。）

で表される。

【００７８】

尚、式４は、液体検出装置６０の振動部６１が半径ａの円形である場合に成立する。付加イナータンスM’は、振動部６１の付近にある媒体によって、振動部６１の質量が見かけ上増加していることを示す量である。式４からわかるように、M’ maxは、振動部６１の半径ａと媒体の密度ρとによって、大きく変化する。

【００７９】

波数k は、

$$k = 2 * \pi * f act / c \qquad (式5)$$

（ｆactは、振動部６１の共振周波数である。ｃは、媒体中を伝播する音響の速度である。）

で表される。

【００８０】

図４（Ｄ）は、インクカートリッジ７の容器本体に液体が十分に収容され、液体検出装置６０の振動部６１の周辺に液体が満たされている図４（Ｃ）の場合の液体検出装置６０の振動部６１およびキャビティ４３の等価回路を示す。

【００８１】

図４（Ｅ）は、インクカートリッジ７の容器本体の液体が消費され、液体検出装置６０の振動部６１の周辺に液体が無いものの、液体検出装置６０のキャビティ４３内には液体が残存している場合の液体検出装置６０の断面図を示す。

【００８２】

式４は、インクカートリッジ７の容器本体に液体が満たされている場合に、インクの密度ρなどから決定される最大のイナータンスM’ maxを表す式である。一方、容器本体内の液体が消費され、キャビティ４３内に液体が残留しつつ液体検出装置６０の振動部６１の周辺にある液体が気体または真空に置換された場合等の付加イナータンスM’は、一般的に、

$$M' = \rho * t / S \qquad (式6)$$

と表せる（より詳しくは、後述の式８参照）。ここで、ｔは振動にかかわる媒体の厚さである。Ｓは、液体検出装置６０の振動部６１の面積である。振動部６１が半径ａの円形の場合は、$S = \pi * a^2$である。

【００８３】

従って、付加イナータンスM’は、容器本体に液体が十分に収容され、液体検出装置６０の振動部６１の周辺に液体が満たされている場合には、式４に従う。一方で、液体が消費され、キャビティ４３内に液体が残留しつつ液体検出装置６０の振動部６１の周辺にある液体が気体または真空に置換された場合には、式６

に従う。

【００８４】

ここで、図４（E)のように、インクカートリッジ７の容器本体の液体が消費され、液体検出装置６０の振動部６１の周辺に液体が無いものの、液体検出装置６０のキャビティ４３内には液体が残存している場合の付加イナータンスM’を、便宜的にM’ cavとし、液体検出装置６０の振動部６１の周辺に液体が満たされている場合の付加イナータンスM’ maxと区別する。

【００８５】

図４（F)は、インクカートリッジ７の容器本体の液体が消費され、液体検出装置６０の振動部６１の周辺に液体が無いものの、液体検出装置６０のキャビティ４３内には液体が残存している図４（E)の場合の液体検出装置６０の振動部６１およびキャビティ４３の等価回路を示す。

【００８６】

ここで、媒体の状態に関係するパラメータは、式６において、媒体の密度ρおよび媒体の厚さｔである。容器本体内に液体が充分に収容されている場合は、液体検出装置６０の振動部６１に液体が接触する。一方、容器本体内に液体が充分に収容されていない場合は、キャビティ４３内部に液体が残存するか、もしくは、液体検出装置６０の振動部６１に気体または真空が接触する。液体検出装置６０の周辺の液体が消費され、図４（C)のM’ maxから図４（E)のM’ cavへ移行する過程における付加イナータンスM’ varは、容器本体内の液体の収容状態によって媒体の密度ρや媒体の厚さｔが変化することに伴って変化する。これにより、共振周波数ｆｓも変化する。従って、共振周波数ｆｓを特定することによって、容器本体内の液体の量を検出することができる。

【００８７】

ここで、図４（E）に示すようにｔ＝ｄとした場合、式６を用いてM’ cavを表すと、式６のｔにキャビティの深さｄを代入し、

M’ cav＝ρ*ｄ/Ｓ　　（式７）

となる。

【００８８】

また、媒体が互いに種類の異なる液体であれば、組成の違いによって密度ρが異なるため、付加イナータンスM´及び共振周波数ｆｓが異なる。従って、共振周波数ｆｓを特定することで、液体の種類を検出できる。

【００８９】

図５（Ａ）は、インクカートリッジ７の容器本体内のインクの量とインクおよび振動部の共振周波数ｆｓとの関係を示すグラフである。縦軸は共振周波数ｆｓを示し、横軸はインク量を示す。

【００９０】

インクカートリッジ７の容器本体にインクが十分に収容され、液体検出装置６０の振動部６１の周辺にインクが満たされている場合には、その最大付加イナータンスM’maxは、式４に表わされる値となる。一方で、インクが消費され、キャビティ４３内にインクが残留しつつ液体検出装置６０の振動部６１の周辺にインクが満たされていないときには、付加イナータンスM’var は、媒体の厚さｔに基づいて式６によって算出される。式６中のｔは、振動にかかわる媒体の厚さであるから、インクが残留する液体検出装置６０のキャビティ４３の深さｄを小さく、即ち、基板４１の厚さを十分に薄くすることによって、インクが徐々に消費されていく過程を検出することもできる（図４（Ｃ)参照）。ここで、ｔinkは振動にかかわるインクの厚さとし、ｔink－maxはM’maxにおけるｔinkとする。

【００９１】

例えば、液体検出装置６０は、インクカートリッジの底面にインクの液面に対してほぼ水平に配置される。この場合、インクが消費され、インクの液面が液体検出装置６０からｔink-maxの高さ以下になると、式６によりM’varが徐々に変化し、式１により共振周波数ｆｓが徐々に変化する。従って、インクの液面がｔの範囲内にある限り、液体検出装置６０はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【００９２】

あるいは、液体検出装置６０は、インクカートリッジの側壁にインクの液面に対してほぼ垂直に配備され得る。この場合、インクが消費され、インクの液面が液体検出装置６０の振動部６１に達すると、液位の低下に伴い付加イナータンス

M’が減少する。これにより、式１により共振周波数ｆｓが徐々に増加する。従って、インクの液面がキャビティ４３の直径２ａ（図４（C)参照）の範囲内にある限り、液体検出装置６０はインクの消費状態を徐々に検出することができる。

【００９３】

図５(A)の曲線Ｘは、底面に配置された液体検出装置６０のキャビティ４３を十分に浅くした場合や、側壁に配置された液体検出装置６０の振動部６１を十分に大きくまたは長くした場合の、容器本体内に収容されたインクの量とインクおよび振動部６１の共振周波数ｆｓとの関係を表わしている。容器本体内のインクの量が減少するとともに、インクおよび振動部６１の共振周波数ｆｓが徐々に変化していく様子が理解できる。

【００９４】

より詳細には、インクが徐々に消費されていく過程を検出することができる場合とは、液体検出装置６０の振動部６１の周辺において、互いに密度が異なる液体と気体とがともに存在しかつ振動にかかわる場合である。インクが徐々に消費されていくに従って、液体検出装置６０の振動部６１の周辺において振動にかかわる媒体は、液体が減少する一方で気体が増加する。

【００９５】

例えば、液体検出装置６０をインクの液面に対して水平に配備した場合であって、ｔinkがｔink－maxより小さいときには、液体検出装置６０の振動にかかわる媒体はインクと気体との両方を含む。したがって、液体検出装置６０の振動部６１の面積Ｓを用いて、式４のM’max以下になった状態をインクと気体の付加質量で表すと、

$$M' = M'_{air} + M'_{ink} = \rho_{air} * t_{air}/S + \rho_{ink} * t_{ink}/S \qquad (式8)$$

となる。ここで、M’airは空気のイナータンスであり、M’inkはインクのイナータンスである。ρairは空気の密度であり、ρinkはインクの密度である。ｔairは振動にかかわる空気の厚さであり、ｔinkは振動にかかわるインクの厚さである。

【００９６】

液体検出装置６０の振動部６１の周辺における振動にかかわる媒体のうち、液体が減少して気体が増加するに従い、液体検出装置６０がインクの液面に対しほぼ水平に配備されている場合には、ｔairが増加し、ｔinkが減少する。それによって、M’varが徐々に減少し、共振周波数が徐々に増加する。よって、容器本体内に残存しているインクの量またはインクの消費量を検出することができる。尚、式７において液体の密度のみの式となっているのは、液体の密度に対して、空気の密度が無視できるほど小さい場合を想定しているからである。

【００９７】

液体検出装置６０がインクの液面に対しほぼ垂直に配備されている場合には、液体検出装置６０の振動部６１のうち、液体検出装置６０の振動にかかわる媒体がインクのみの領域と、液体検出装置６０の振動にかかわる媒体が気体のみの領域との並列の等価回路（図示せず）と考えられる。液体検出装置６０の振動にかかわる媒体がインクのみの領域の面積をＳinkとし、液体検出装置６０の振動にかかわる媒体が気体のみの領域の面積をＳairとすると、

$$1/M' = 1/M'_{air} + 1/M'_{ink} = S_{air}/(\rho_{air} * t_{air}) + S_{ink}/(\rho_{ink} * t_{ink}) \quad (式９)$$

となる。

【００９８】

尚、式９は、液体検出装置６０のキャビティ４３にインクが保持されない場合に適用される。液体検出装置６０のキャビティ４３にインクが保持される場合の付加イナータンスについては、式９によるM’と式７のM’cav との和によって計算することができる。

【００９９】

液体検出装置６０の振動部６１の振動は、ｔink－maxの深さからインクの残留する深さｄまで変化するので、インクの残留する深さがｔink－maxよりわずかに小さい程度で液体検出装置６０が底面に配置されている場合には、インクが徐々に減少する過程を検出することは出来ない。この場合、ｔink－maxから残留する深さｄまでのわずかなインク量変化における液体検出装置の振動変化から、インク量が変化したことを検出する。また、側面に配置され、キャビティ４３の径が

小さい場合は、キャビティ４３を通過する間の液体検出装置６０の振動変化は微量なので、通過過程のインク量を検出することは難しく、インク液面がキャビティ４３より上か下かを検出する。

【０１００】

例えば、図５(A)の曲線Ｙは、振動部６１が小さい円形の振動領域を形成している場合における容器本体内のインクの量とインクおよび振動部６１の共振周波数ｆｓとの関係を示す。容器本体内のインクの液面が液体検出装置６０の装着位置を通過する前後におけるインク量の差Ｑの間で、インクおよび振動部６１の共振周波数ｆｓが激しく変化している様子が示される。このことから、容器本体内にインクが所定量残存しているか否かを２値的に検出することができるので、高精度の検出が可能となる。

【０１０１】

このように液体検出装置６０を用いて液体の有無を検出する方法は、振動部６１がインクと直接接触することでインクの有無を検出するので、インクの消費量をソフトウェアによって計算する方法に比べ、検出精度が高い。更に、電極を用いて導電性によりインクの有無を検出する方法は、容器本体への電極の取付位置及びインクの種類によって影響され得るが、液体検出装置６０を用いて液体の有無を検出する方法は、容器本体への液体検出装置６０の取付位置及びインクの種類によって影響され難い。

【０１０２】

更に、単一の液体検出装置６０を用いて発振と液体検出との双方を実施することができるので、発振と液体検出とを異なったセンサを用いて実施する方法と比較して、容器本体に取付けるセンサの数を減少することができる。したがって、液量検出機能を持つインクカートリッジ７を安価に製造できる。なお、圧電層４７の振動周波数を非可聴領域に設定することで、液体検出装置６０の動作中に発生する音を静かにすることが好ましい。

【０１０３】

図５（Ｂ）は、インクの密度とインクおよび振動部６１の共振周波数ｆｓとの関係の一例を示す。ここで、「インク満」と「インク空」（或いは「インク無し

」）とは相対的な２つの状態を意味し、いわゆるインクフル状態とインクエンド状態とを意味するものではない。図５（Ｂ）に示すように、インク密度が高い場合、付加イナータンスが大きくなるので共振周波数ｆｓが低下する。すなわち、インクの種類によって共振周波数ｆｓが異なる。したがって、共振周波数ｆｓを測定することによって、インクを再充填する際に、密度の異なったインクが混入されていないか確認することができる。つまり、互いに種類の異なるインクを収容するインクカートリッジ７を識別できる。

【０１０４】

続いて、インクカートリッジ７の容器本体内の液体が空の状態であっても液体検出装置６０のキャビティ４３内に液体が残存するようにキャビティ４３のサイズと形状を設定した時において、液体の状態を正確に検出できる条件を詳述する。液体検出装置６０は、キャビティ４３内に液体が満たされている場合に液体の状態を検出できれば、キャビティ４３内に液体が満たされていない場合であっても液体の状態を検出できる。

【０１０５】

共振周波数ｆｓは、イナータンスMの関数である。イナータンスMは、振動部６１のイナータンスMactと付加イナータンスM’との和である。ここで、付加イナータンスM’が液体の状態と関係する。付加イナータンスM’は、振動部６１の付近にある媒体によって振動部６１の質量が見かけ上増加していることを示す量である。即ち、振動部６１の振動によって見かけ上媒体を吸収する（振動に関わるイナータンスが増加する）ことによる振動部６１の質量の増加分をいう。

【０１０６】

従って、M’cav が式４におけるM’max よりも大きい場合には、見かけ上吸収する媒体は全てキャビティ４３内に残存する液体である。よって、容器本体内に液体が満たされている状態と同じである。この場合、振動に関わる媒体はM’max よりも小さくならないので、インクが消費されても変化を検出することが出来ない。

【０１０７】

一方、M’cavが式４におけるM’ maxよりも小さい場合には、見かけ上吸収

する媒体はキャビティ４３内に残存する液体および容器本体内の気体または真空である。このときには容器本体内に液体が満たされている状態とは異なりM’が変化するので、共振周波数ｆｓが変化する。従って、液体検出装置６０は、容器本体内の液体の状態を検出できる。

【０１０８】

即ち、インクカートリッジ７の容器本体内の液体が空の状態で、液体検出装置６０のキャビティ４３内に液体が残存する場合に、液体検出装置６０が液体の状態を正確に検出できる条件は、M’ cavがM’ maxよりも小さいことである。尚、液体検出装置６０が液体の状態を正確に検出できる条件M’ max＞M’ cavは、キャビティ４３の形状にかかわらない。

【０１０９】

ここで、M’ cav は、キャビティ４３の容量とほぼ等しい容量の液体の質量イナータンスである。従って、M’ max ＞M’ cav の不等式から、液体検出装置６０が液体の状態を正確に検出できる条件は、キャビティ４３の容量の条件として表すことができる。例えば、円形状のキャビティ４３の半径をaとし、およびキャビティ４３の深さをｄとすると、

$$M'_{max} > \rho * d / \pi a^2 \qquad (式１０)$$

である。式１０を展開すると

$$a / d > 3 * \pi / 8 \qquad (式１１)$$

という条件が求められる。従って、式１１を満たす開口１６１の半径aおよびキャビティ４３の深さｄであるキャビティ４３を有する液体検出装置６０であれば、容器本体内の液体が空の状態であって、かつ、キャビティ４３内に液体が残存する場合であっても、誤作動することなく液体の状態を検出できる。

【０１１０】

尚、式１０、式１１は、キャビティ４３の形状が円形の場合に限り成立する。キャビティ４３の形状が円形でない場合、対応するM’ maxの式を用い、式１０中のπa^2　をその面積と置き換えて計算すれば、キャビティ４３の幅および長さ等のディメンジョンと深さの関係が導き出せる。

【０１１１】

なお、付加イナータンスM’は音響インピーダンス特性にも影響するので、残留振動により液体検出装置６０に発生する逆起電力を測定する方法は、少なくとも音響インピーダンスの変化を検出しているともいえる。

【０１１２】

図６（Ａ）および図６（Ｂ）は、液体検出装置６０に駆動信号を供給して振動部６１を強制的に振動させた後の、液体検出装置６０の残留振動（自由振動）の波形と残留振動の測定方法とを示す。インクカートリッジ７内の液体検出装置６０の装着位置レベルにおける液面の上下は、液体検出装置６０の圧電素子が発振した後の残留振動の周波数変化や、振幅の変化によって検出することができる。図６（Ａ）および図６（Ｂ）において、縦軸は液体検出装置６０の残留振動によって発生した逆起電力の電圧を示し、横軸は時間を示す。液体検出装置６０の残留振動によって、図６（Ａ）および図６（Ｂ）に示すように電圧のアナログ信号の波形が発生する。次に、アナログ信号を、信号の周波数に対応するデジタル数値に変換（二値化）する。図６（Ａ）および図６（Ｂ）に示した例においては、アナログ信号の４パルス目から８パルス目までの４個のパルスが生じる時間を計測している。

【０１１３】

より詳細には、液体検出装置６０が発振した後、予め設定された所定の基準電圧を低電圧側から高電圧側へ横切る回数をカウントする。そして、４カウントから８カウントまでの間をＨｉｇｈとしたデジタル信号を生成し、所定のクロックパルスによって４カウントから８カウントまでの時間を計測する。

【０１１４】

図６（Ａ）は、液体検出装置６０の装着位置レベルよりも上位に液面があるときの波形である。一方、図６（Ｂ）は液体検出装置６０の装着位置レベルよりも下位に液面があるときの波形である。図６（Ａ）と図６（Ｂ）とを比較すると、図６（Ａ）の方が図６（Ｂ）よりも４カウントから８カウントまでの時間が長いことがわかる。換言すると、液体検出装置６０の装着位置レベルにおけるインクの有無によって４カウントから８カウントまでの所要時間が異なる。この所要時間の相違を利用して、インクの消費状態を検出することができる。

【０１１５】

アナログ波形の４カウント目から数えるのは、液体検出装置６０の残留振動（自由振動）が安定してから計測をはじめるためである。４カウント目からとしたのは単なる一例であって、任意のカウントから数えてもよい。ここでは、４カウント目から８カウント目までの信号を検出し、所定のクロックパルスによって４カウント目から８カウント目までの時間を測定している。この時間に基いて、共振周波数を求めることができる。クロックパルスは、８カウント目までの時間を測定する必要は無く、任意のカウントまで数えてもよい。図６においては、４カウント目から８カウント目までの時間を測定しているが、周波数を検出する回路構成にしたがって、異なったカウント間隔内の時間を検出してもよい。

【０１１６】

例えば、インクの品質が安定していてピークの振幅の変動が小さい場合には、検出の速度を上げるために４カウント目から６カウント目までの時間を検出することにより共振周波数を求めてもよい。また、インクの品質が不安定でパルスの振幅の変動が大きい場合には、残留振動を正確に検出するために４カウント目から１２カウント目までの時間を検出してもよい。

【０１１７】

図７は、液体検出装置６０を取付モジュール体１００として一体形成した構成を示す斜視図である。モジュール体１００は、インクカートリッジ７の容器本体の所定個所に装着される。モジュール体１００は、容器本体内の媒体の少なくとも音響インピーダンスの変化を検出することにより、容器本体内の液体の消費状態を検知するように構成されている。

【０１１８】

本実施形態のモジュール体１００は、容器本体に液体検出装置６０を取り付けるための容器取付部１０１を有する。容器取付部１０１は、平面がほぼ矩形の基台１０２と、駆動信号により発振する液体検出装置６０を収容する基台１０２上の円柱部１１６と、を有している。また、モジュール体１００は、インクカートリッジ７に装着されたときに、モジュール体１００の液体検出装置６０が外部から接触できないように構成されている。これにより、液体検出装置６０を外部の

接触から保護することができる。なお、円柱部１１６の先端側エッジは丸みが付けられていて、インクカートリッジ７に形成された孔へ装着する際に嵌めやすくなっている。

【０１１９】

図８は、図７に示したモジュール体１００の分解図である。モジュール体１００は、樹脂からなる容器取付部１０１と、プレート１１０および凹部１１３を有する装置装着部１０５（図７参照）とを含む。さらに、モジュール体１００は、リードワイヤ１０４ａ及び１０４ｂ、液体検出装置６０及びフィルム１０８を有する。好ましくは、プレート１１０は、ステンレス又はステンレス合金等の錆びにくい材料から形成される。

【０１２０】

容器取付部１０１に含まれる円柱部１１６および基台１０２は、リードワイヤ１０４ａ及び１０４ｂを収容できるように中心部に開口部１１４が形成されると共に、液体検出装置６０、フィルム１０８、及びプレート１１０を収容できるように開口部１１４の周囲に凹部１１３が形成されている。

【０１２１】

液体検出装置６０は、プレート１１０にフィルム１０８を介して接合され、プレート１１０および液体検出装置６０は凹部１１３（容器取付部１０１）に固定される。従って、リードワイヤ１０４ａ及び１０４ｂ、液体検出装置６０、フィルム１０８及びプレート１１０は、容器取付部１０１に一体として取り付けられる。

【０１２２】

リードワイヤ１０４ａ及び１０４ｂは、それぞれ液体検出装置６０の上部電極端子４５及び下部電極端子４４と結合して、圧電層４７に駆動信号（駆動パルス）を伝達する一方、液体検出装置６０が検出した共振周波数の信号を記録装置等へ伝達する。

【０１２３】

液体検出装置６０は、リードワイヤ１０４ａ及び１０４ｂから伝達された駆動信号に基づいて、一時的に発振する。また、液体検出装置６０は、発振後に残留

振動し、その振動によって逆起電力を発生させる。このとき、逆起電力波形の振動周期を検出することによって、容器本体内の液体の消費状態に対応した共振周波数を検出することができる。

【０１２４】

フィルム１０８は、液体検出装置６０とプレート１１０とを接着して、液体検出装置６０を液密にする。フィルム１０８は、ポリオレフィン等によって形成し、熱融着で接着することが好ましい。液体検出装置６０とプレート１１０とをフィルム１０８によって面状に接着して固定することにより、接着の場所によるばらつきが無くなり、振動部以外の部分が振動しない。したがって、液体検出装置６０をプレート１１０に接着しても、液体検出装置６０の振動特性は変化しない。

【０１２５】

なお、プレート１１０は円形状であり、基台１０２の開口部１１４は円筒状に形成されている。液体検出装置６０及びフィルム１０８は矩形状に形成されている。リードワイヤ１０４ａ及び１０４ｂ、液体検出装置６０、フィルム１０８及びプレート１１０は、基台１０２に対して着脱可能としてもよい。基台１０２、リードワイヤ１０４ａ及び１０４ｂ、液体検出装置６０、フィルム１０８及びプレート１１０は、モジュール体１００の中心軸に対して対称に配置されている。また、基台１０２、液体検出装置６０、フィルム１０８及びプレート１１０の中心は、モジュール体１００のほぼ中心軸上に配置されている。

【０１２６】

また、基台１０２の開口部１１４の面積は、液体検出装置６０の振動領域の面積よりも大きく形成されている。プレート１１０の中心で液体検出装置６０の振動部に直面する位置には、貫通孔１１２が形成されている。図２乃至図４に示したように、液体検出装置６０にはキャビティ４３が形成されており、貫通孔１１２とキャビティ４３とが、共にインク溜部を形成する。プレート１１０の厚さは、残留インクの影響を少なくするために、貫通孔１１２の径に比べて小さいことが好ましい。例えば、貫通孔１１２の深さはその径の３分の１以下の大きさであることが好ましい。貫通孔１１２は、モジュール体１００の中心軸に対して対称

なほぼ真円の形状である。また、貫通孔１１２の面積は、液体検出装置６０のキャビティ４３の開口面積よりも大きい。貫通孔１１２の断面の周縁は、テーパ形状であっても良いし、ステップ形状であってもよい。

【０１２７】

モジュール体１００は、貫通孔１１２が容器本体の内側へ向くように、容器本体の側部、上部又は底部に装着される。インクが消費され、液体検出装置６０周辺のインクがなくなると、液体検出装置６０の共振周波数が大きく変化することに基づいて、インクの液位変化を検出することができる。

【０１２８】

図９は、図７に示したモジュール体１００を、インクカートリッジ７の容器本体７ａに装着したときの、容器本体７ａの底部近傍の断面図である。モジュール体１００は、容器本体７ａの側壁に形成された貫通孔に装着されている。容器本体７ａの側壁とモジュール体１００との接合面には、Ｏリング９０が設けられ、モジュール体１００と容器本体７ａとの液密を保っている。このようにＯリング９０でシールが出来るために、モジュール体１００は、図７で説明したような円柱部を備えることが好ましい。

【０１２９】

モジュール体１００の先端が容器本体７ａのインク収容空間７ｂに露出することで、プレート１１０の貫通孔１１２を介して、容器本体７ａ内のインクが液体検出装置６０と接触する。液体検出装置６０の振動部の周囲が液体か気体かによって、液体検出装置６０の残留振動の共振周波数が異なるので、モジュール体１００を用いてインクの消費状態を検出することができる。

【０１３０】

また、上述した実施形態の変形例としては、図１０及び図１１に示したように、キャビティ４３の中心を通る第１の直線上において互いに反対の方向に延出する下部電極４６の延出部４６ｂ及び上部電極４９の延出部４９ｂに加えて、キャビティ４３の中心を通り且つ前記第１の直線に直交する第２の直線上において、下部電極４６の本体部４６ａから互いに反対の方向に延出する一対の延出部４６ｃをさらに設けることができる。

【０１３１】

また、一対の延出部４６ｃは、下部電極４６の本体部４６ａから連続的に形成する代わりに、下部電極４６の本体部４６ａから分離して形成することもできる。

【０１３２】

このように、下部電極４６の延出部４６ｂ及び上部電極４９の延出部４９ｂの延在方向に直交するようにして、実際には電極として機能しない一対の延出部４６ｃをキャビティ４３の中心を通る直線に沿って配置することにより、図２及び図３に示した実施形態に比べて、振動部６１の対称性が向上する。即ち、図２及び図３に示した実施形態においては振動部６１の形状が２回対称であったところ、図１０及び図１１に示した変形例においては振動部６１の形状が４回対称となっている。このように振動部６１の形状の対称性が向上することにより、不要振動の発生をさらに低減することができる。

【０１３３】

【発明の効果】

以上述べたように本発明による液体検出装置及び同装置を備えた液体容器によれば、液体検出装置の振動部の残留振動状態の変化を容易且つ確実に検出することができると共に、圧電層におけるクラックの発生を確実に防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】

本発明の一実施形態による液体検出装置を備えたインクカートリッジが使用されるインクジェット式記録装置の概略構成を示した斜視図である。

【図２】

本発明の一実施形態による液体検出装置を示した平面図である。

【図３】

図２に示した液体検出装置の一部を拡大して示した縦断面図であり、（Ａ）は図２のＡ－Ａ線に沿った断面を示し、（Ｂ）は図２のＢ－Ｂ線に沿った断面を示す。

【図４】

図２及び図３に示した液体検出装置の周辺およびその等価回路を示す図である。

【図５】

（Ａ）は、図２及び図３に示した液体検出装置によって検出される振動部の共振周波数とインクカートリッジ内のインク残量との関係を示し、（Ｂ）は、図２及び図３に示した液体検出装置によって検出されるインクの共振周波数とインク密度との関係を示す。

【図６】

図２及び図３に示した液体検出装置における逆起電力波形を示す図である。

【図７】

図２及び図３に示した液体検出装置を組み込んだモジュール体を示す斜視図である。

【図８】

図７に示したモジュール体の構成を示す分解図である。

【図９】

図７に示したモジュール体をインクカートリッジの容器本体に装着した断面の例を示す図である。

【図１０】

図２及び図３に示した実施形態の一変形例としての液体検出装置を示した平面図である。

【図１１】

図１０に示した液体検出装置の一部を拡大して示した縦断面図であり、（Ａ）は図１０のＡ－Ａ線に沿った断面を示し、（Ｂ）は図１０のＢ－Ｂ線に沿った断面を示す。

【図１２】

従来の液体検出装置を示した図である。

【符号の説明】

７　インクカートリッジ

７ａ　容器本体

４０　基部

４０ａ　基部の第１面

４０ｂ　基部の第２面

４１　基板

４２　振動板

４３　キャビティ（凹部）

４６　下部電極

４６ａ　下部電極の本体部

４６ｂ　下部電極の延出部

４７　圧電層

４８　補助電極

４９　上部電極

４９ａ　上部電極の本体部

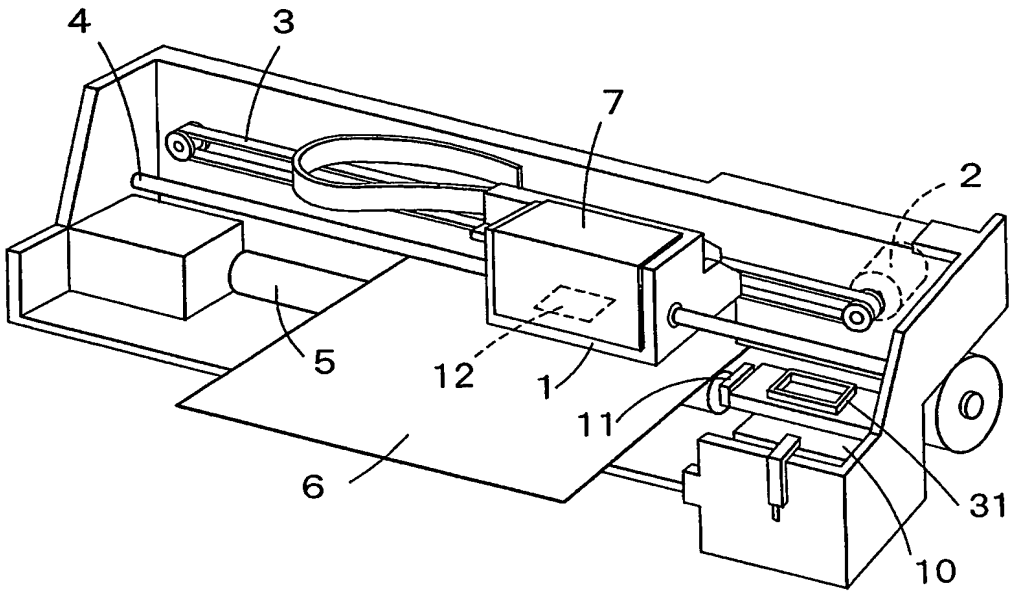
４９ｂ　上部電極の延出部

６０　液体検出装置

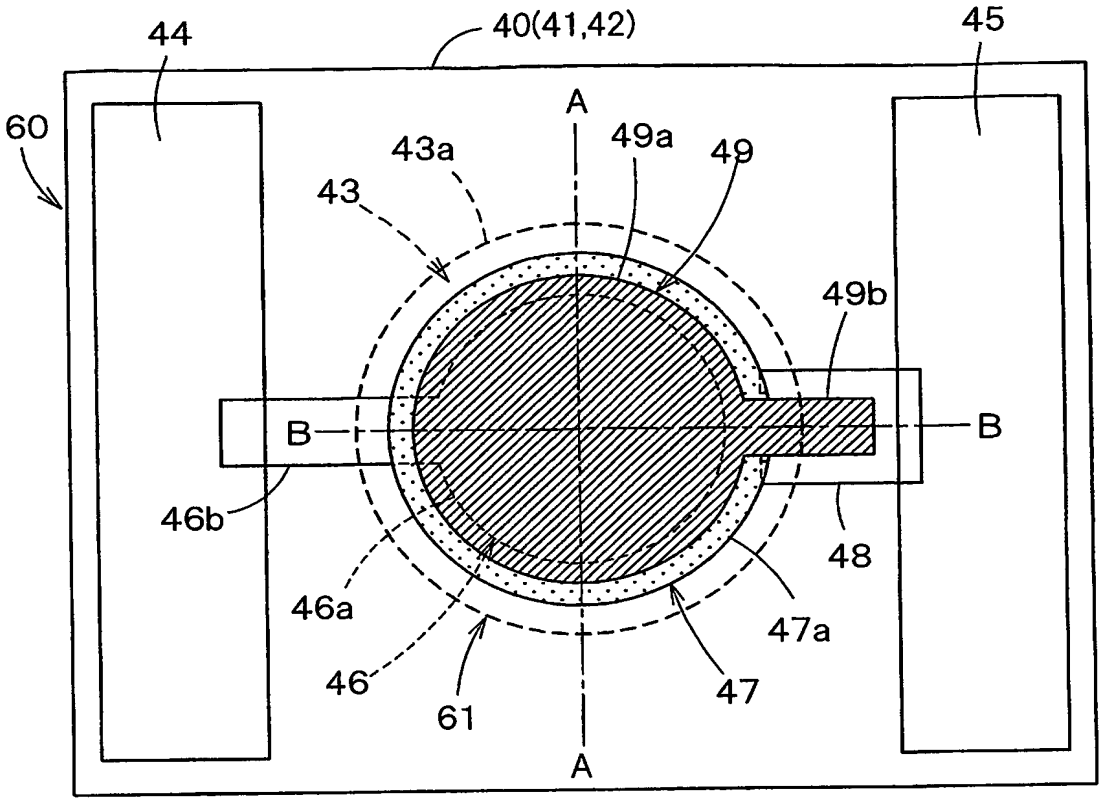
６１　液体検出装置の振動部

【書類名】　図面

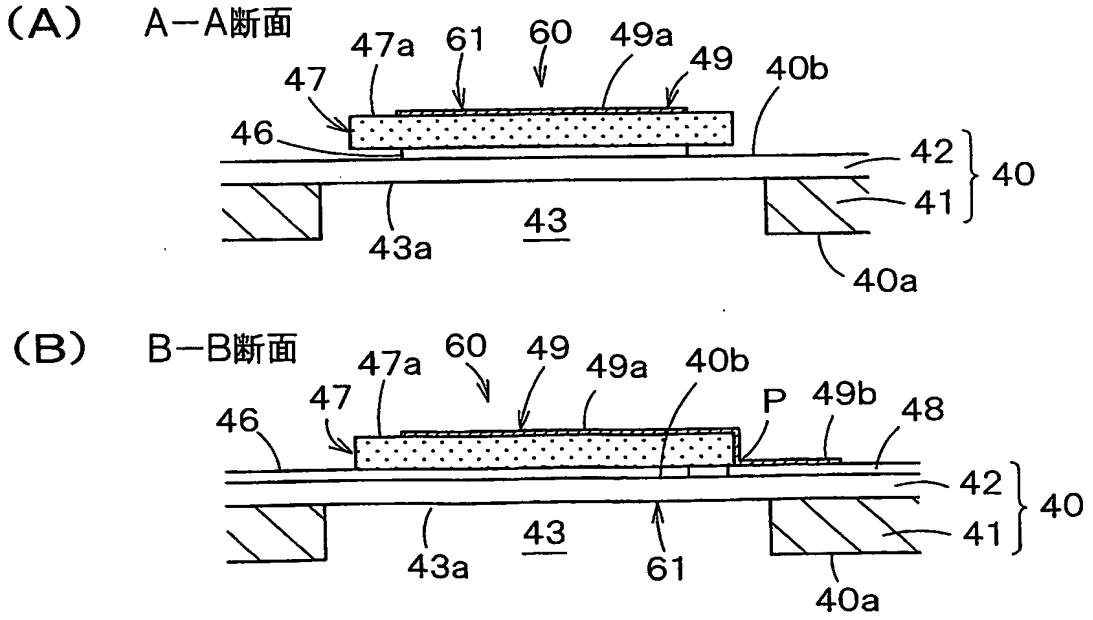
【図１】



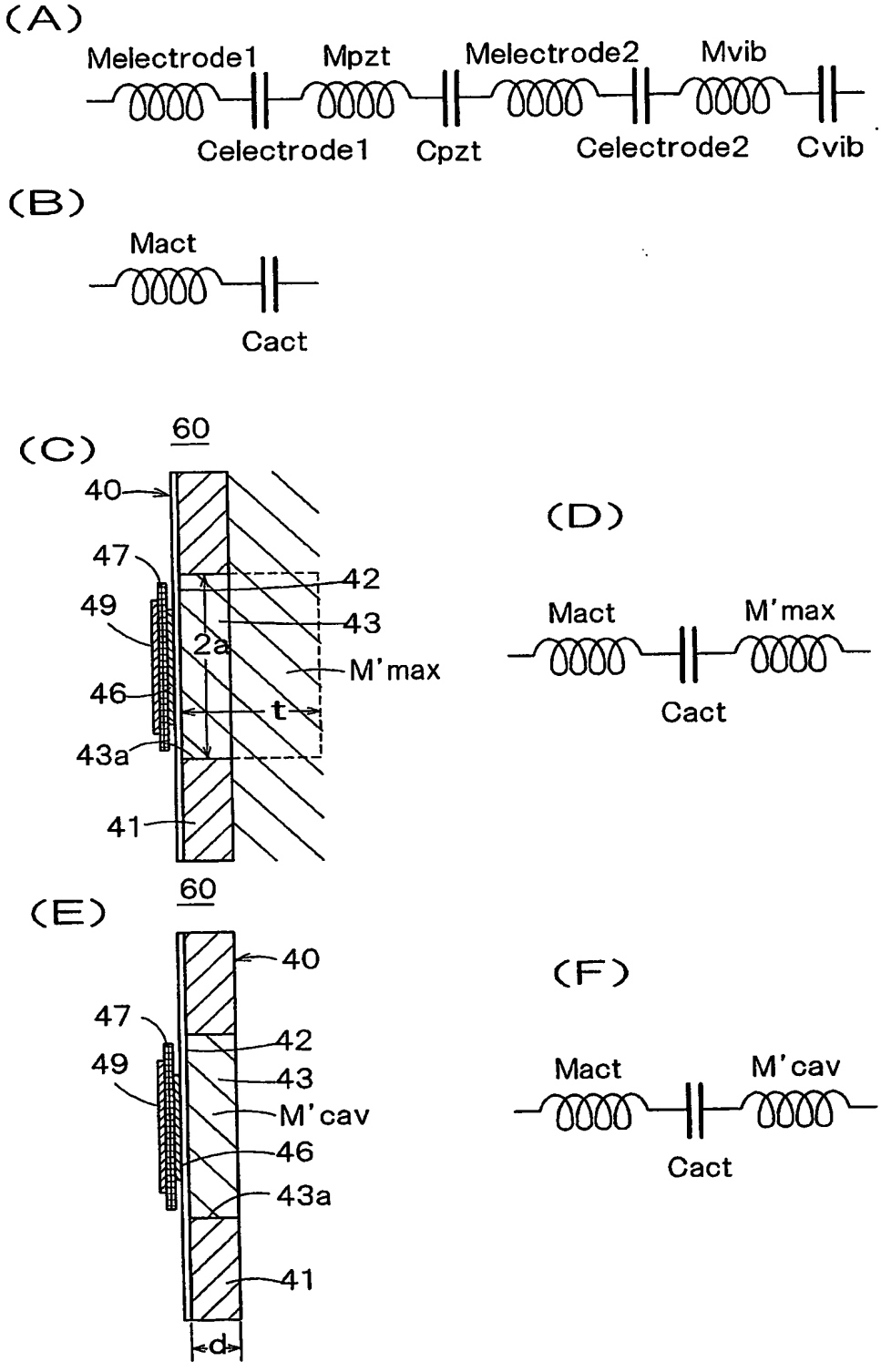
【図２】


44
40(41,42)
45
60
A
43a
49a
49
43
49b
B
B
46b
48
46a
47a
46
61
47
A

【図３】

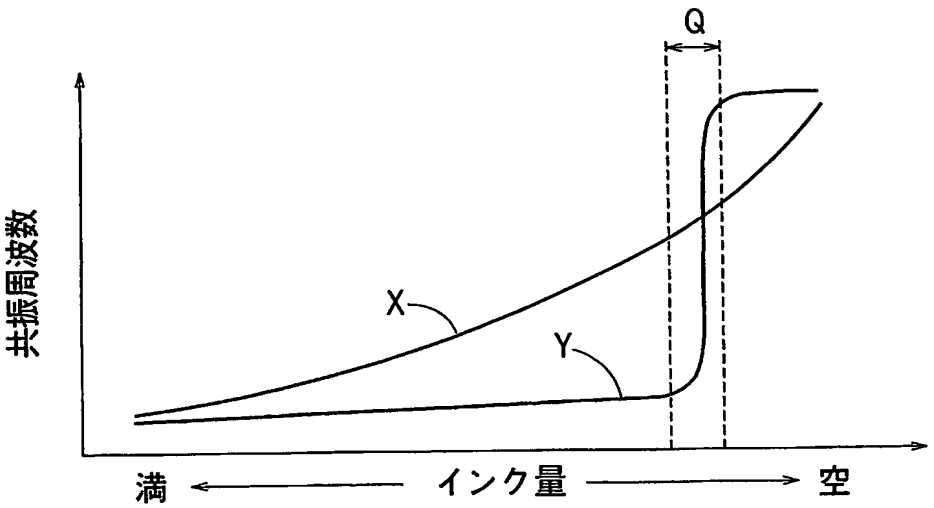

(A)　A－A断面
47a
61
60
49a
49
47
40b
46
42
40
41
43
43a
40a
(B)　B－B断面
47a
60
49
49a
40b
47
P
49b
48
46
42
40
41
43
43a
61
40a

【図４】

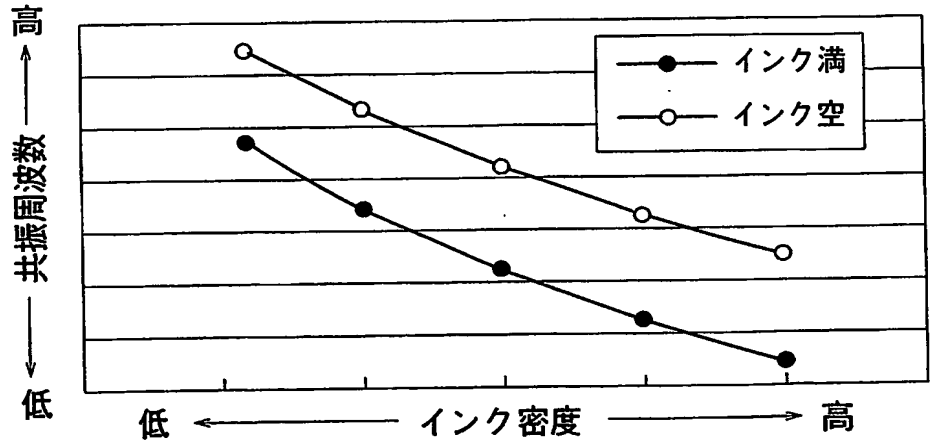

(A)
Melectrode1
Mpzt
Melectrode2
Mvib
Celectrode1
Cpzt
Celectrode2
Cvib
(B)
Mact
Cact
(C)
60
40
47
49
46
43a
41
42
43
M'max
2a
t
(D)
Mact
M'max
Cact
(E)
60
40
47
49
42
43
M'cav
46
43a
41
d
(F)
Mact
M'cav
Cact

【図５】

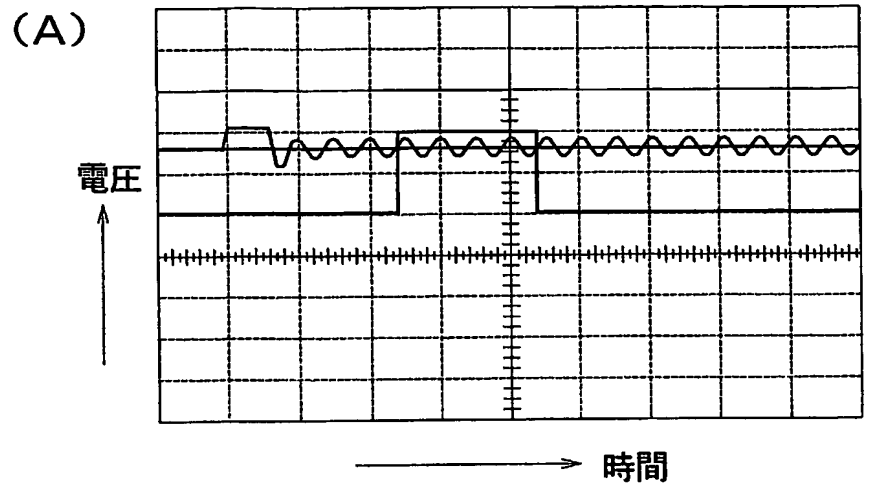
(A)

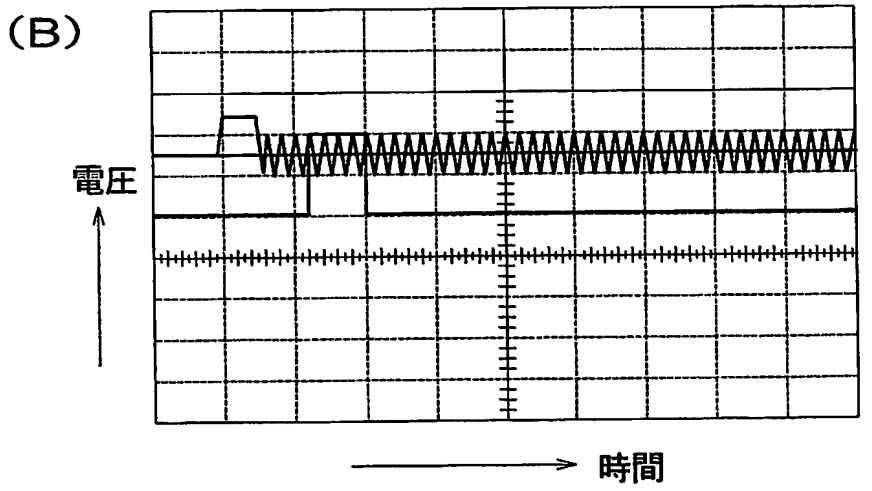


(B)

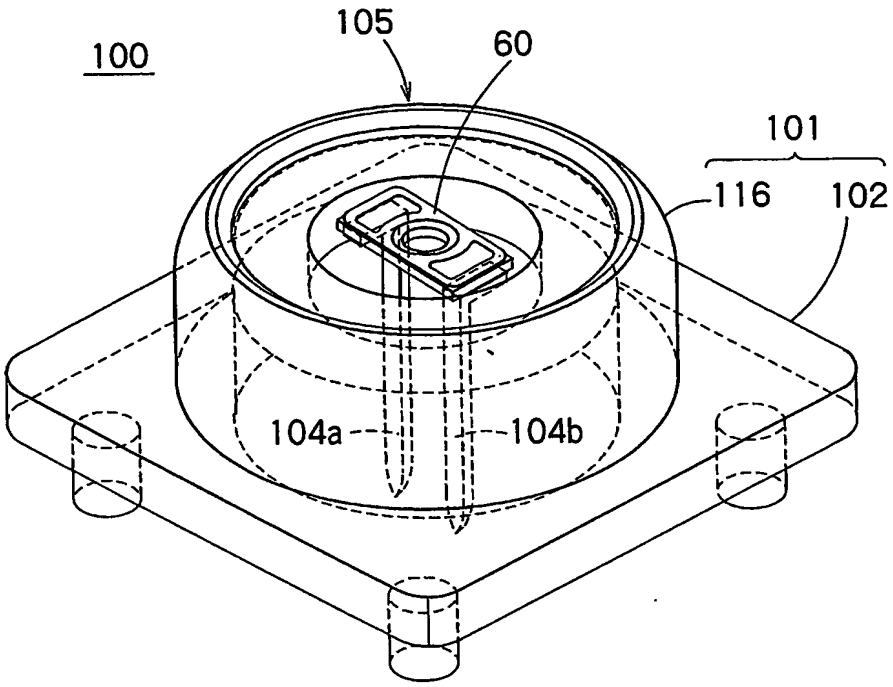


【図６】

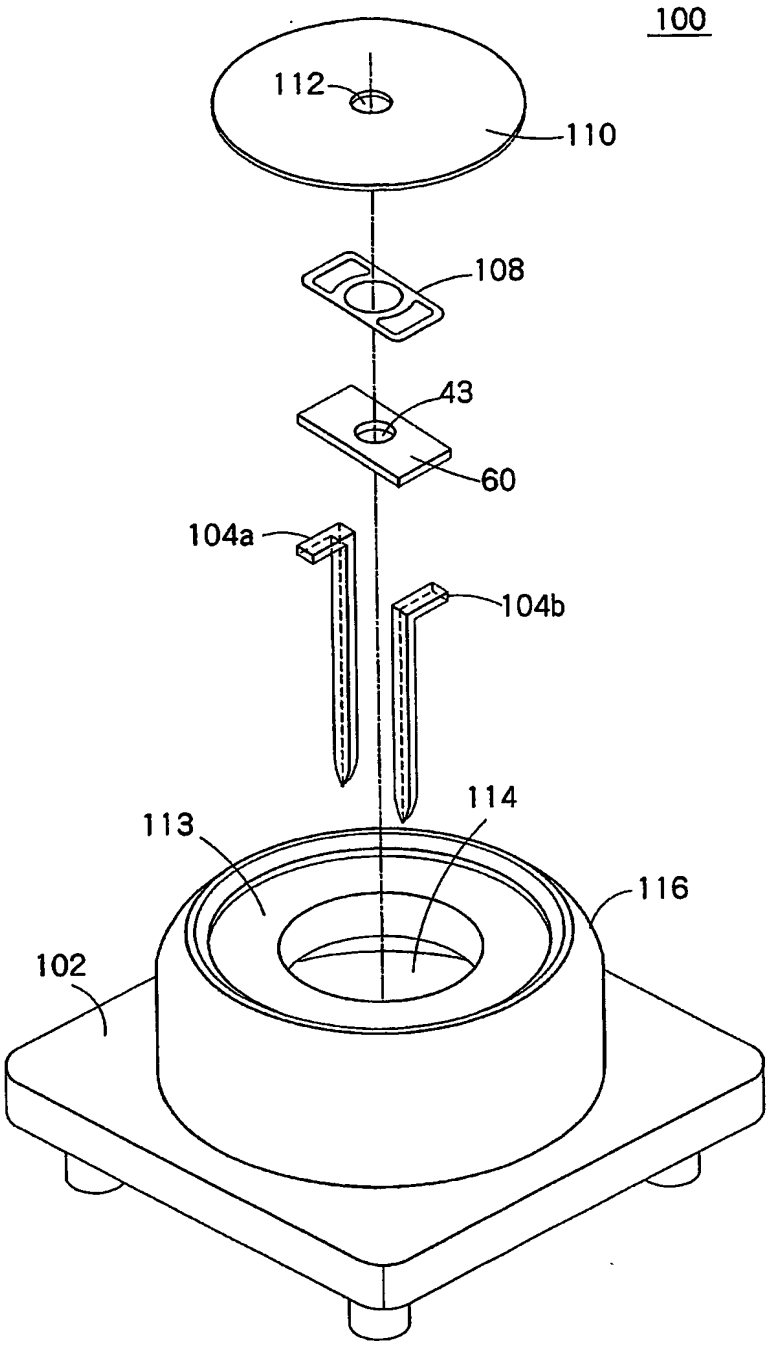




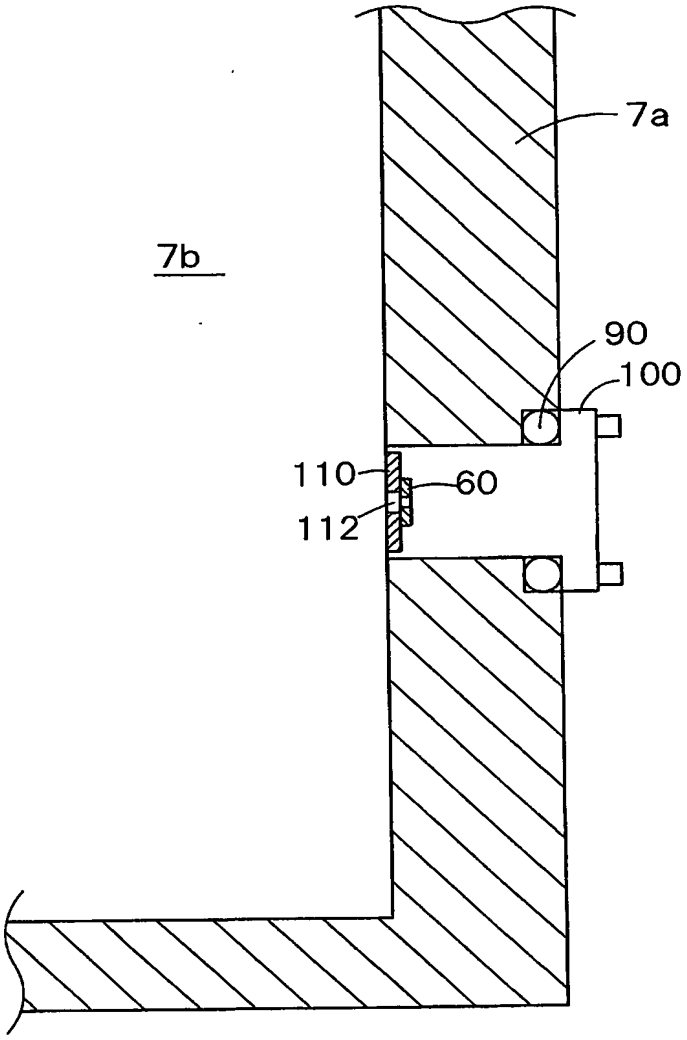
【図７】



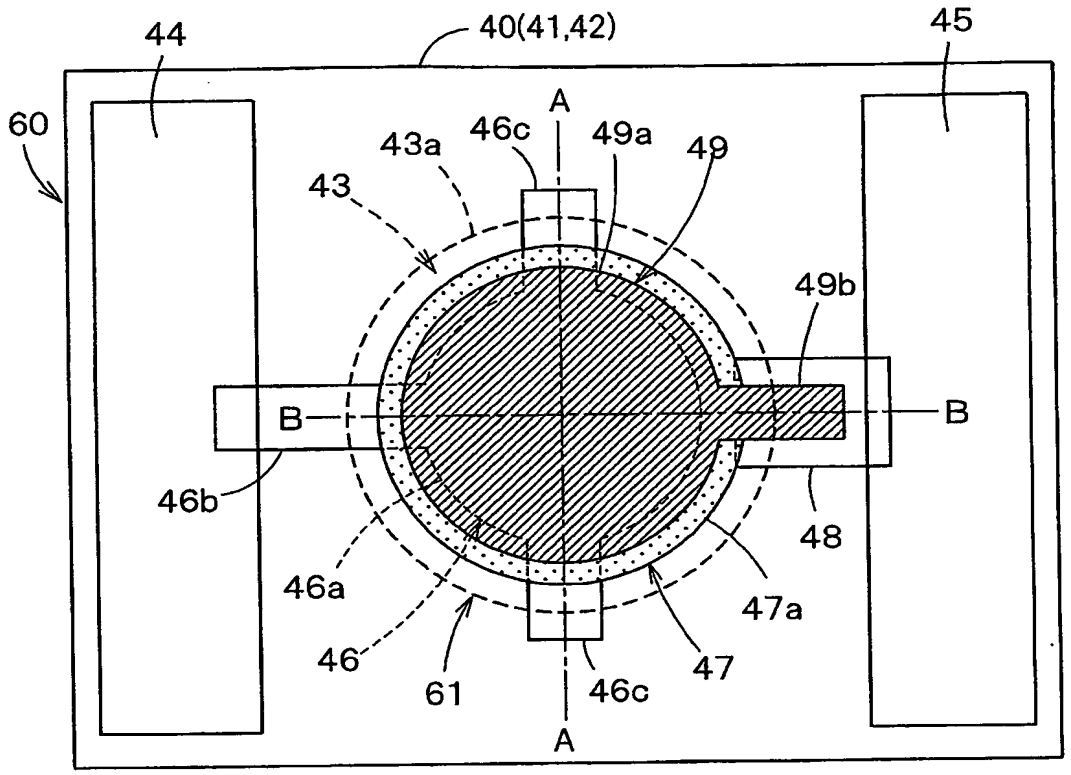
【図８】



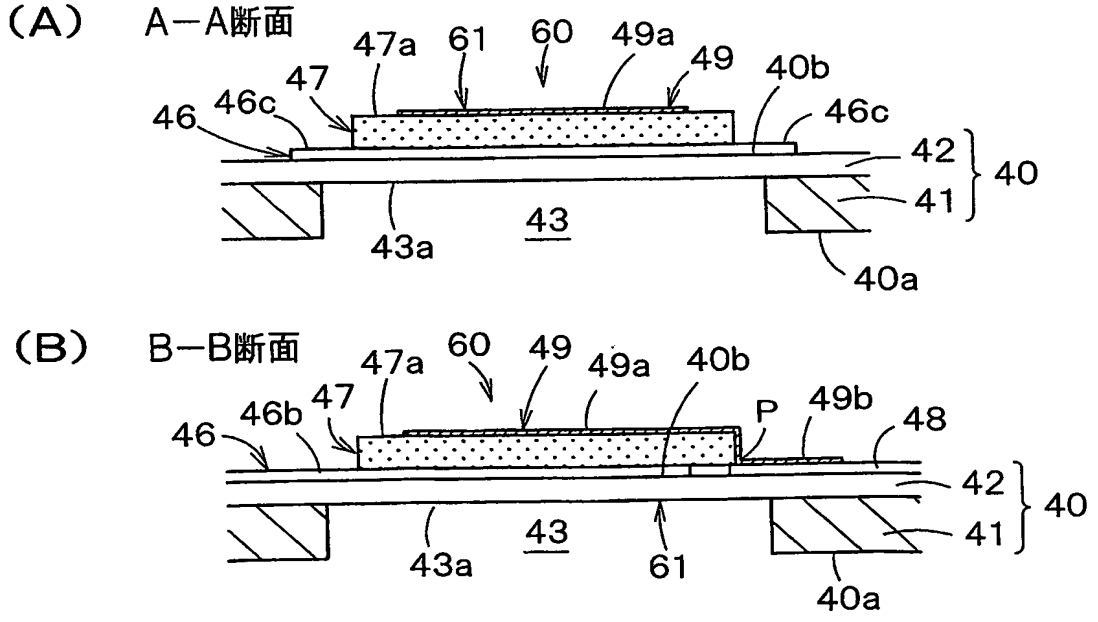
【図９】



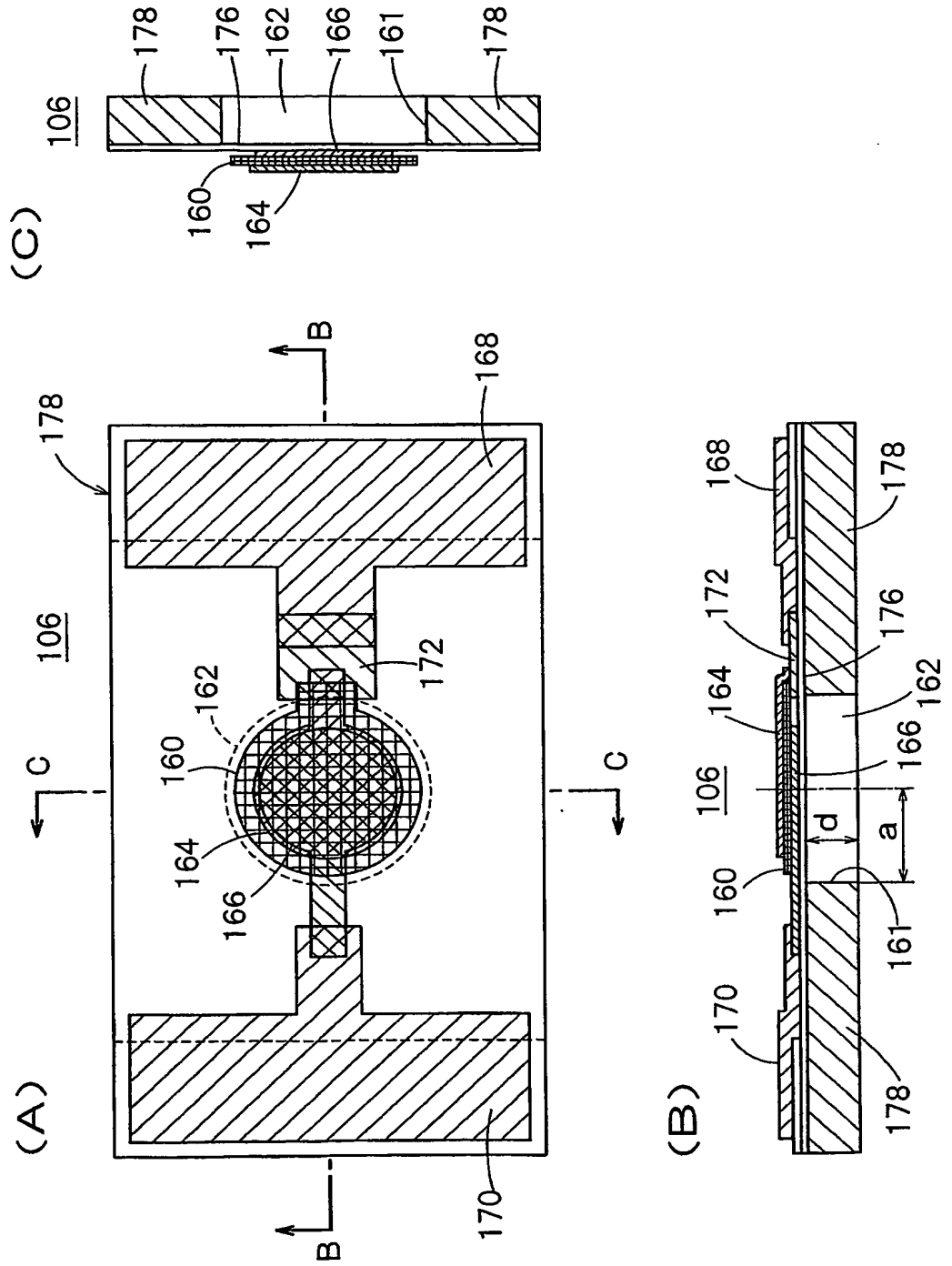
【図１０】


44
40(41,42)
45
60
A
43a
46c
49a
49
43
49b
B
B
46b
48
46a
47a
46
61
46c
47
A

【図１１】


(A)　A－A断面
47a
61
60
49a
49
40b
47
46
46c
46c
42
40
41
43
43a
40a
(B)　B－B断面
47a
60
49
49a
40b
47
46b
46
P
49b
48
42
40
41
43
43a
61
40a

【図１２】


(C)
178
176
162
166
161
178
106
160
164
(A)
B
168
178
106
172
162
160
C
164
166
C
B
170
(B)
168
178
172
176
164
162
166
106
d
a
160
161
170
178

【書類名】　要約書

【要約】

【課題】　液体検出装置の振動部の残留振動状態を容易且つ確実に検出できると共に、圧電層におけるクラックの発生を防止できる。

【解決手段】　第１電極４６は、凹部４３よりも小径の本体部４６ａと、本体部４６ａから延出する延出部４６ｂを含む。圧電層４７は、凹部４３よりも小径に形成されて第１電極４６に積層され、全体が凹部領域の内部に配置されている。補助電極４８は、凹部領域の外部から内部まで延在し、一部が圧電層４７の一部を支持している。第２電極４９は、圧電層４７に積層された本体部４９ａと、本体部４９ａから延出して凹部領域の内部において補助電極４８に接続された延出部４９ｂとを有する。

【選択図】　図２

特願２００３－０５５８２０

出願人履歴情報

識別番号　［０００００２３６９］

１．変更年月日　１９９０年　８月２０日
［変更理由］　新規登録
住　所　東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
氏　名　セイコーエプソン株式会社